

反強誘電性液晶での強誘電状態から反強誘電状態の相転移における中間調制御

渡邊 学, 岡田 裕之, 女川 博義, *宮下 和雄,

1. はじめに

液晶ディスプレイは1970年代に実用化されて以来, 低消費電力, 軽量, 小型, 安価な表示素子として様々な分野に利用されるようになり, 今日では小型テレビ, ノートパソコン用ディスプレイ等に実用化されるに至っている。上記の背景の中, 高速応答性があり, 単純マトリクス駆動が可能な, 三安定性¹⁾, 高対衝撃性^{2,3)}, 無焼き付き^{4,5,6)}等の利点を有する液晶として反強誘電性液晶が注目されているが, 本点に関して, 現在最も注目されている報告としては, 反強誘電性液晶の中間調制御法を用いたフルカラー動画表示法が挙げられる⁷⁾。この制御法は, 反強誘電(AF)→強誘電(F)状態の相転移で中間調を制御する新しい中間調制御法と, その機構に関して検討したので報告する。

2. 実験

液晶は代表的な反強誘電性液晶である MHPOBC を用いた。本液晶の相系列は

Cryst. (65.5°C)S_{CA}*(119.9°C)S_C*(120.5°C)S_C*(122.0°C)S_{CA}(122.9°C)S_A(148.7°C)Iso.

である。液晶セルは, 2.5cm 角の ITO 付きガラス基板上に配向剤ポリアクリロニトリル (PAN) を塗布し, 片側の基板のみをラビングしセル厚 2 μm になるように張り合わせをした。測定温度は70°Cとした。

3. 実験結果, 考察

中間調制御の一例を図1に示す。ここでは, V_s はAF状態からF状態への相転移の書き込みパルス, V_H は保持電圧, V_I , t_I は, インターバルパルスの電圧, 及びパルス幅である。初期状態であるAF状態であるところから, V_s でF状態に転移させ, V_H により透過率レベルを保つ。インターバルパルスの印加により透過率の低下が始まるが, この後に印加

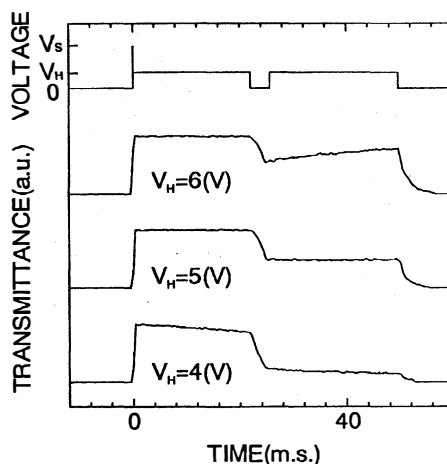


図1 保持電圧による中間調の変化

* 富山工業高等専門学校

される V_H の値を最適化することで中間的透過率を維持できる条件を見いだした。 V_H が 6 V のときは、インターバルパルスの印加後、透過率の上昇が見られる。 V_H が 4 V では、F 状態に書き込み後からわずかながら透過率の低下がみられ、インターバルパルス印加後も透過率は低下した。本セルでは、 V_H が 5 V で最適の条件であった。

次に中間調状態の安定性を調べた。結果を図 2 に示す。最適な保持電圧では中間調は 1.5 秒以上保持されることが解った。実用に際しては、選択状態でのパルス形状での透過率変動を考える必要があるが、この安定性は実際のディスプレイのマトリクス駆動を考えると充分といえる。

実用的には、書き込み電圧印加直後にインターバルパルス電圧を印加する方法が有効であるため、詳細な中間調の検討を図 3 に示したような波形で行った。この波形でも透過率レベルは V_I , t_I に依存し、同様の透過率が得られた。以下の実験では V_S を 15 V, V_H を 5.0 V と固定して、 V_I を 0~2.0 V, t_I を 195~975 μ s の範囲で変化させた。

図 4 に、中間的透過率状態の V_I , t_I 依存性について検討した。パルス幅が広くなるに従い、必要な中間調を得るためのパルス電圧は大きくなった。パルス幅が 390 μ s 未満のときは、 V_I が 0 V の状態で

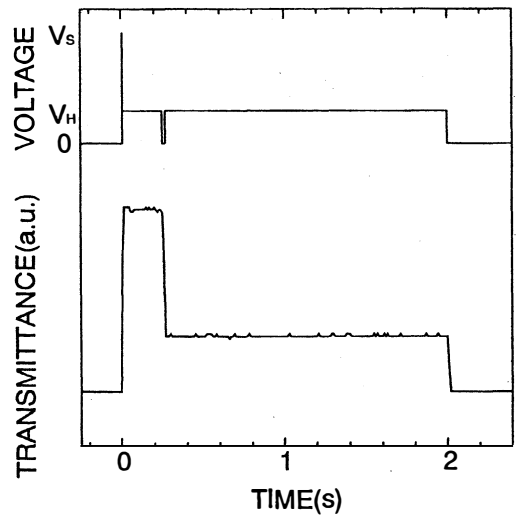


図 2 中間調の安定性

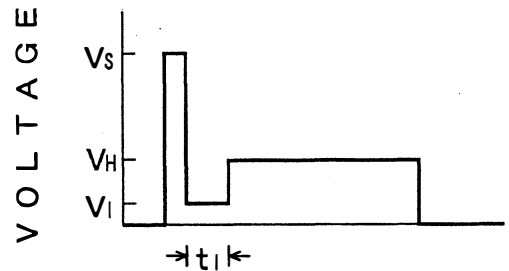
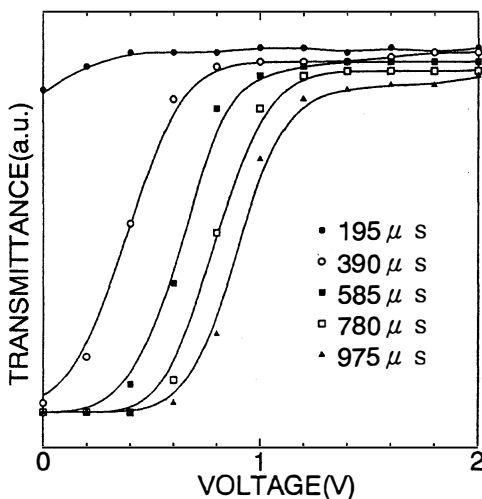
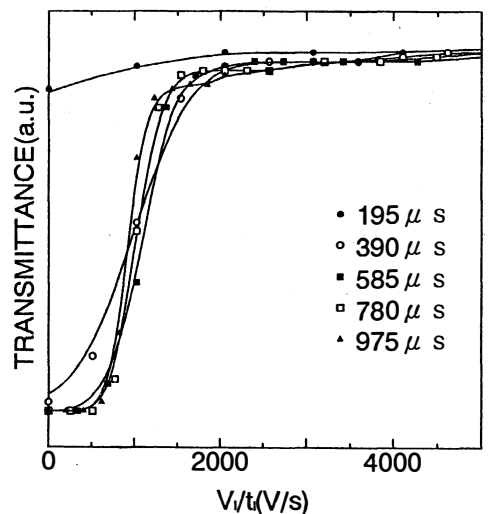


図 3 中間調制御に用いた波形


 図 4 中間調制御の V_I , t_I 依存性

 図 5 横軸を V_I/t_I にしたグラフ

も完全に下がりきらなかった。しかしながら、パルス幅が $390 \sim 975 \mu\text{s}$ の範囲で、幅広く、かつ連続的に透過率を変えることができた。

関係をより詳細に調べるために、横軸を V_I/t_I とし、縦軸に透過率をとったときの結果を図5に示す。パルス幅が $390 \mu\text{s}$ 以上では、同じ V_I/t_I に対して一定の透過率レベルが得られた。

今回の中間調状態の相転移状態の詳細を検討するために、ストロボ撮影を行った。図6に中間調状態でのストロボ観察写真を示す。写真中の暗い部分はAF状態、明るい部分はF状態である。右上の欠陥は、セル内の位置確認のため撮影した。ラビング方向に対して垂直に、すなわちスメクチックの層方向にストライプ状に相転移が起こるマルチドメイン状態が観察される。分子回転に対応する中間的透過率状態は見られなかった^{8,9)}。すなわち、全体に対するF状態の面積が透過率に対応することとなる。F状態に対し透過率が90%程度のときは(図6 (a))、スメクチックの層方向に沿って伸びた。透過率が75%程度のとき(図6 (b))、90%のときと比較してAFのドメイン自体の数は変わらなかった。ドメインのスメクチック層の垂直方向での幅はほとんど変わらず、層方向の長さが伸びる現象が見られた。透過率が50%程度となると(図6 (c))、隣り合うAFドメインが多数合体し、75%のときと比較してドメインがより長く伸びていた。

以下、考察を述べる。

中間調が何によって制御されているかについて考える。図5の横軸は、(微小電圧)/(変化時間)の次元であるため、電荷量に比例する。図4と図5をあわせて考えると、透過率はF状態の面積に比例する。以下より、今回の中間調制御は液晶セルに与えられた電荷量制御によりF状態の面積制御を行っていると言える。

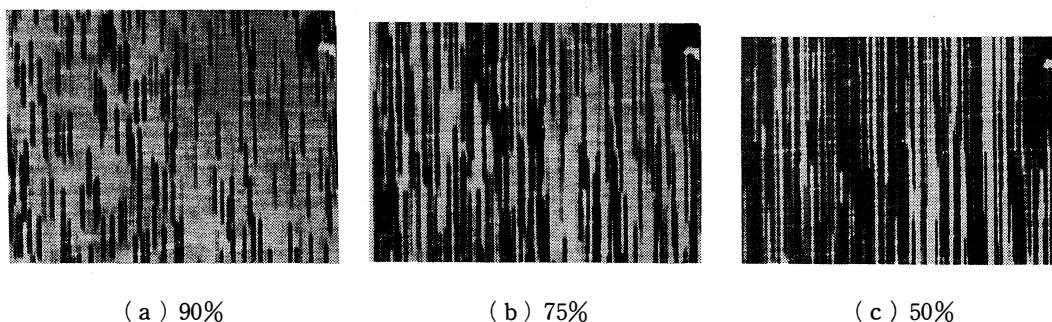


図6 中間的透過率のストロボ写真

次にF, AFのドメイン境界について考える。これらのストライプドメインスイッチングのストロボ観察は、多くの研究者によって報告されている^{1,8,10)}。図6に示すストロボ観察の結果より、中間調状態はF, AFドメインの混在状態であり、本状態が時間に対して一定に保たれる。スメクチック層法線方向の安定性はストライプドメインの形成に見られる様に納得がゆく。ここで問題になるのが、混在状態がなぜスメクチック層方向に安定に存在できるかという点にある。図6では、中間的透過率状態では、欠陥から発生したAFドメインはスメクチック層方向に伸び、ファンドメインの境界を乗り越える。AFドメインが、ある程度伸びきったとき、AFドメインの成長がファンドメインの付近の境界で止まる。それゆえファンドメインによるピンニング効果がAFドメインをスメクチック層方向に安定化させる理由であろう。

5. 結 論

強誘電→反強誘電状態の相転移による新しい制御法を検討した。中間調を、 V_I/t_I を変えることにより制御できた。ストロボ観察の結果から、強誘電→反強誘電のマルチドメイン状態の安定化機構について示した。

参 考 文 献

- 1) A. D. L. Chandani, T. Hagiwara, Y. Ouchi, H. Takezoe and A. Fukuda: Jpn. J. Appl. Phys. 27 (1988) L729.
- 2) K. Itoh, M. Johnno, J. Lee, Y. Takanishi, Y. Ouchi, H. Takezoe and A. Fukuda: 13th Int. Liq. Cryst. Conf. (Vancouver, 1990) FER-31-P-Mon.
- 3) T. Hagiwara, Y. Suzuki, Y. S. Negi, I. Kawamura, N. Yamamoto and K. Mori: 13th Int. Liq. Cryst. Conf. (Vancouver, 1990) FER-77-P-W/T.
- 4) M. Johnno, A. D. L. Chandani, J. Lee, Y. Ouchi, H. Takezoe, A. Fukuda, K. Itoh and T. Kitazume: Proc. 9th Int. Display Research Conf. (Japan Display '89) (SID and ITE, Kyoto, 1989) p. 22.
- 5) Y. Yamada, N. Yamamoto, K. Mori, K. Nakamura, T. Hagiwara, Y. Suzuki, I. Kawamura, H. Orihara and Y. Ishibashi: Jpn. J. Appl. Phys. 29 (1990) 1757.
- 6) K. Itoh, M. Johnno, Y. Takanishi, Y. Ouchi, H. Takezoe and A. Fukuda: Jpn. J. Appl. Phys. 30 (1991) 735.
- 7) N. Yamamoto, N. Koshobu, Y. Yamada, K. Mori, K. Nakamura and Y. Yamada: Ferroelectrics, 149 (1993) 295.
- 8) M. Johnno, K. Ito, J. Lee, Y. Ouchi, H. Takezoe, A. Fukuda, and T. Kitazume: Jpn. J. Appl. Phys. 29 (1990) L107.
- 9) H. Okada, M. Watanabe, H. Onnagawa and K. Miyashita: Jpn. J. Appl. Phys. 33 (1994) 3518.
- 10) Y. Yamada, K. Mori, N. Yamamoto, H. Hayashi, K. Nakamura, M. Yamawaki, H. Orihara and Y. Ishibashi: Jpn. J. Appl. Phys. 28 (1989) L1606.

New Gray Level Control Technique for Antiferroelectric Liquid Crystal Cells under Phase Transition from Ferroelectric State to Antiferroelectric State

Manabu Watanabe, Hiroyuki Okada, Hiroyoshi Onnagawa
and *Kazuo Miyashita

*Toyama National College of Technology

New gray level control technique for antiferroelectric liquid crystal cells under phase transition from field-induced ferroelectric state to antiferroelectric state has been investigated. Continuous gray level was realized by optimizing the holding voltage and was closely related to the value of the interval pulse voltage divided by the interval pulse width. From stroboscopic micrographs, a multi-domain of ferroelectric domains and antiferroelectric domains was stabilized due to the pinning effect of focal-conic fan texture along the smectic layer direction.

〔英文和訳〕

反強誘電性液晶での強誘電状態から反強誘電状態の相転移による中間調制御

渡邊 学, 岡田 裕之, 女川 博義, *宮下 和雄

*富山工業高等専門学校

電界誘起強誘電状態から反強誘電状態への相転移を利用した、反強誘電性液晶の新しい中間調制御技術について検討した。ホールド電圧の最適化により中間調が実現され、本中間調レベルは（パルス電圧）／（パルス幅）値に密接に関係していた。ストロボ観察の結果から、強誘電と反強誘電の状態からマルチドメイン状態は、スメクチック層方向に関してフォーカルコニックファン組織によるピンニング効果で安定化されていた。